



INŽINIERSKA A GEODETICKÁ ČINNOSŤ KOMPLEXNÉ GEODETICKÉ SLUŽBY A INŽINIERSKA ČINNOSŤ
GEOMAD s.r.o., Petelenova 15691/7, 974 01 Banská Bystrica, Slovakia

TECHNICKÁ SPRÁVA Vytyčovací sieť pre stavbu

Názov stavby	:	Diaľnica D3 Kysucké Nové Mesto - Svrčinovec Úsek: Kysucké Nové Mesto - Oščadnica
Kraj	:	Žilinský
Okres	:	Kysucké Nové Mesto, Čadca
Katastrálne územie	:	Kysucký Lieskovec, Dunajov, Krásno nad Kysucou,
Druh stavby	:	novostavba
Stupeň dokumentácie	:	DSP(DSR)

Obnova bodov vytyčovacej siete

Vytyčovací sieť (VS) stavby D3 Kysucké Nové Mesto – Svrčinovec, úsek Kysucké Nové mesto – Oščadnica bola vybudovaná 09.2010. V vplyvom poveternostných podmienok a iných okolností došlo k poškodeniu stabilizácie a signalizácie bodov VS (zvetralý betón, hrdzavá stabilizácia, absencia tyčovej signalizácie a pod.). Z uvedeného dôvodu bola nutná fyzická obnova bodov VS. Bola odstránená hrdza z pažníc a pilierov, ktoré boli následne natreté krycou a žltou farbou, terén okolo pažníc bol upravený tak, aby hlava pažnice bola cca 0.20 m nad terénom, jestvujúca tyčová signalizácia bola prečistená a následne natrená krycou a červeno-bielou farbou, boli doplnené chýbajúce tyčové znaky a tabuľky s číselným označením bodov VS. Výsledkom obnovy boli pažnice s dvoma tyčovými signalizačnými znakmi a piliere s jedným tyčovým signalizačným znakom. Bod 5027 bol, vzhľadom k svojej polohe, zabezpečený betónovou skružou.

Vzhľadom k tomu, že pri obnove mohlo dôjsť z polohovej a výškovej zmeny bodu VS bolo potrebné zrealizovať polohové a výškové preurčenie bodov VS.

POLOHOVÉ PREURČENIE BODOV VYTYČOVACEJ SIETE

Polohové preurčenie bodov vytyčovacej siete sme realizovali metódou GNSS.

Údaje o existujúcom polohovom bodovom poli

Pre účely merania metódou GNSS boli vybrané a použité body štátnej priestorovej siete (ŠPS), ktoré sú najbližšie k predmetnej lokalite vytyčovacej siete. Konkrétne boli použité 2 body triedy „A“ siete SKPOS s označením KUZA (2631ZA-72), LIE1 (2624TS-77) a bod Európskej permanentnej siete EUREF (EPN) CFRM, ktorý je súčasťou siete SKPOS.

Geodetické údaje o týchto bodoch boli poskytnuté z portálu mapový klient ZBGIS (<https://zbgis.skgeodesy.sk/mkzbgis/sk>).

Meranie metódou GNSS

Body vytyčovacej siete boli zamerané metódou statického merania s využitím technológie GNSS. Dĺžka observácie na jednotlivých bodoch bola minimálne 45 min. Výšky antén GNSS boli merané vždy 2x s presnosťou na mm, pričom ako výsledok bol použitý jednoduchý aritmetický priemer.

Na meranie bolo použitých 11 multifrekvenčných prijímačov od firmy Trimble (1x Trimble R12, 1x Trimble R10, 3x Trimble R8s, 2x Trimble R8m3, 1x Trimble R8m2, 1x Trimble R6, 1x Trimble R4 a 1x Trimble R2).

Pri meraní vytyčovacej siete metódou GNSS sme si ako východiskové body zvolili vytyčovacie body 5005 a 5037. Na týchto bodoch bola vykonaná nepretržitá observácia počas celého merania siete. Merania na ostatných bodoch vytyčovacej siete bolo realizované pomocou zostávajúcich 9 prijímačov. Dĺžka observácie bola na každom bode minimálne 45 minút. Takýmto spôsobom bolo zameraných zvyšných 48 bodov vytyčovacej siete. Samotne meranie sa uskutočnilo dňa 15.05.2021. Všetky výpočty boli vykonané vo firemnom spracovateľskom softvéri Trimble Business Centre v. 5.40.

Na určenie geocentrických súradníc bodov 5005 a 5037 v systéme ETRS89, realizácia ETRF2000 boli použité merania z troch najbližších permanentných staníc GNSS siete SKPOS, ktoré sa nachádzajú v Žiline (stanica KUZA), v Lieseku (stanica LIE1) a vo Frýdku-Místku (stanica CFRM). Známe geocentrické súradnice týchto troch permanentných staníc v systéme ETRS89 (ETRF2000) boli prevzaté z GKÚ (<http://skpos.gku.sk/stanice.php>) a pri výpočte považované za nemenné. Následne vypočítané súradnice bodov 5005 a 5037 v systéme ETRS89 (ETRF2000) boli použité ako fixné pri výpočte súradníc ostatných bodov.

Na transformáciu z systému ETRS89 (ETRF2000) do systému S-JTSK, realizácia JTSK03 bol použitý Molodenského-Badekasov transformačný model so 7 transformačnými parametrami, ktoré stanovilo a odporúča GKÚ (https://www.geoportal.sk/files/gz/etrs89_s-jtsk_tech_sprava_2014_ver3_0.pdf). Použitý transformačný kľúč mal nasledovne parametre:

translácia [m]	rotácia ["]	mierkový faktor
dx = -485.014055	ox = 7.78625453	s = 1.0000000
dy = -169.473618	oy = 4.39770887	
dz = -483.842943	oz = 4.10248899	

Keďže systém S-JTSK je mierkovo lokálne veľmi deformovaný, na lokálnu dotransformáciu bola použitá metóda interpolácie reziduálnej zložky pre súradnice v systéme S-JTSK implementovaná v Rezortnej transformačnej službe <https://zbgis.skgeodesy.sk/rt/sk/Transform/>.

Na prevod elipsoidickej výšky na nadmorskú výšku v systéme Bpv bol použitý Digitálny výškový referenčný model (DVRM) poskytovaný GKÚ. Vzhľadom na skutočnosť, že nadmorské výšky určené metódou GNSS boli na pilieroch merané po hlavy pilierov a vzhľadom na to, že v danej lokalite nepoznáme dostatočne presný priebeh kvázigeoidu, nie je možné použiť takto určené nadmorské výšky ako záväzné, lebo nezaručujú dostatočnú presnosť na rozdiel od výšok určených pomocou presnej nivelácie.

Presnosť polohového určenia bodov vytyčovacej siete metódou GNSS

Presnosť určenia bodov metódou GNSS bola overená aposteriorným rozborom výsledkov. Maximálna chyba v elipsoidickej šírke a dĺžke dosiahla hodnotu 5 mm. Tato hodnota predstavuje vnútornú presnosť v systéme ETRS89 (ETRF2000). Po transformácii do systému S-JTSK (JTSK03) sa tato vnútorná presnosť na bodoch siete zachová. Na základe získaných výsledkov môžeme konštatovať, že stredná chyba $m_{xy}=0.04\text{m}$ v určení bodu nebola prekročená, t.j. všetky body určené pomocou technológie GNSS spĺňajú požadovanú 2. triedu presnosti určenia súradníc v systéme S-JTSK. Pri všetkých bodoch okrem bodov 5009, 5034 a 5044 neprekročil rozdiel v polohe oproti prvému meraniu z roku 2010 hodnotu 0.04m.

VÝŠKOVÉ PREUČENIE BODOV VYTYČOVACEJ SIETE

Výškové preurčenie bodov vytyčovacej siete sme realizovali metódou veľmi presnej nivelácie.

Údaje o existujúcom polohovom bodovom poli

Pre účely pripojenia, merania a následného vyrovnania merania boli použité body štátnej nivelačnej siete (ŠNS), ťah MZD a ZDZF.

Ťah MZD (Žilina – Krásno nad Kysucou) – 559, 560, 579, 581, 584

Ťah ZDZF (Krásno nad Kysucou) - 505

Geodetické údaje o týchto bodoch boli poskytnuté z portálu mapový klient ZBGIS (<https://zbgis.skgeodesy.sk/mkzbgis/sk>)..

Meranie metódou presnej nivelácie

Výškové meranie bolo realizované metódou presnej geometrickej nivelácie zo stredy. Na všetky merania bol použitý digitálny nivelačný prístroj Leica DNA 003 so strednou kilometrovou chybou obojsmernej nivelácie 0.3 mm a súprava komparovaných kódových invarových nivelačných lát dĺžky 2, resp. 3 metre toho istého výrobcu. Pri meraní bola dodržaná metodika merania presnej nivelácie (čítanie na late postupom nazad, napred, napred, nazad), ktorá bola zvolená módom merania v prístroji. Tento postup nám umožňoval eliminovať chybu zo sadania, respektíve stúpania prístroja a nivelačných lát v zostave. Nivelačné lavy boli stavané na žaby, resp. klíny. Dĺžky zámer na jednotlivé body nepresiahli 30 metrov. Vzhľadom na to, že pri snímaní kódovej stupnice je potrebný rozsah na odčítanie 500 mm zorného poľa lavy, bola najnižšia zámera 0.5 m nad terénom pri strmom svahu, čo je v súlade s požiadavkami na meranie metódou presnej nivelácie v strmom svahu.

Výšky pripojovacích bodov, ktoré slúžili na pripojenie boli vždy overené aspoň na jeden ďalší bod meraním tam aj späť. Výšky bodov vytyčovacej siete boli určené buď vloženým nivelačným ťahom meraním tam aj späť alebo voľným nivelačným ťahom (uzavretý nivelačný okruh). Priebeh nivelačných ťahov a pripojenia na body ŠNS je uvedený v prílohe *Observacny_plan_vyskoveho_merania.pdf*.

Vyrovnanie výšok novourčených bodov sme spracovali vyrovnaním priamych meraní metódou najmenších štvorcov v softvéri NIVELÁCIA 2015.5.1 s fixovaním výšok na bodoch MZD 559, MZD 560, MZD 579, MZD 581, MZD 584 a ZDZF 505. Protokol z vyrovnanania je v prílohe *Protokol_urcenia_vyskovych_suradnic.pdf*.

Výsledné hodnoty stredných chýb na určovaných bodoch a vybraných bodoch ŠNS spĺňajú požadované hodnoty pre určenie výšok presnou niveláciou.

Na meranie boli použité prístroje Leica DNA 003 (v.č. 343 319, 337 666) a súpravy invarových lát (3m - 58 836, 59 257 a 2m - 34 797, 55 796).

Presnosť výškového určenia bodov vytyčovacej siete metódou presnej nivelácie

Presnosť výškového merania bola kontrolovaná podľa nasledovných kritérií:

a) Porovnaním rozdielu medzi meraním tam a späť, resp. v uzavretom nivelačnom okruhu pre každý ťah.

Rozdiel medzi meraním tam a nazad nemá prekročiť hodnotu stanovenú pre metódu presnej geometrickej nivelácie zo stredy podľa vzťahu:

$$\Delta h = \sqrt[3]{L^2},$$

kde L je dĺžka úseku alebo ťahu obojsmernej nivelácie v km a výsledok je v mm.

b) Porovnaním rozdielu medzi meraním tam a späť vo vložnom nivelačnom ťahu.

Rozdiel v uzávere nemá prekročiť krajnú hodnotu stanovenú pre metódu presnej geometrickej nivelácie zo stredu vo vložnom ťahu podľa vzťahu:

$$\Delta h = 3\sqrt{F},$$

kde F je dĺžka vloženého ťahu v km a výsledok je v mm.

c) Podľa strednej kilometrovej chyby priemeru zo združenej nivelácie (tam a späť), ktorá sa počíta podľa vzorca:

$$m_0 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{n_R} \left[\frac{\rho^2}{R} \right]},$$

kde R je dĺžka oddielu obojsmernej nivelácie v km,

n_R je počet oddielov v ťahu,

ρ je rozdiel medzi meraním tam a späť v oddieloch.

Pre strednú kilometrovú chybu ťahu m potom platí:

$$m = m_0 \sqrt{L},$$

kde L je dĺžka úseku alebo ťahu obojsmernej nivelácie v km a výsledok je v mm.

Táto chyba vyjadruje vnútornú presnosť výškového merania a má teda náhodný charakter. Predchádzajúce chyby v sebe zahŕňajú aj systematické chyby merania a teda dávajú objektívnejší pohľad na dosiahnuté výsledky.

d) Výšky pripájacích bodov boli kontrolované kontrolnými nivelačnými ťahmi za účelom overenia výšok pripájacích bodov.

Nivelačné ťahy boli merané tam aj nazad a boli kontrolované porovnaním rozdielu medzi daným a novonameraným prevýšením. Kritérium na posúdenie stability výškových bodov bolo vypočítané podľa vzorca:

$$\Delta h = 2 + 1.5\sqrt[3]{L^2},$$

kde L je dĺžka úseku alebo ťahu obojsmernej nivelácie v km a výsledok je v mm.

Z uvedených kritérií presnosti môžeme konštatovať, že výškové merania boli realizované s požadovanou výškovou presnosťou zodpovedajúcou metóde presnej geometrickej nivelácie.

V Banskej Bystrici 06.04.2023

Ing. Jozef Debnár
Ing. Martin Hulina
Bc. Matúš Debnár
Bc. Martin Malatinec
Bc. Ivan Paulis
Ing. Marta Mišániová, PhD.
Marek Vlčko
Matúš Kvasna